动 物 学 研 究 1999, Dec. 20 (6): 451～456 CN 53-1086/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

大理苍山洱海自然保护区山地蚤类区系与生态的研究

龚正达 段兴德 冯锡光
（云南省流行病防治研究所 大理 671000）

吴厚永 刘 泉
（军事医学科学院微生物流行病学研究所 北京 100071）

摘要：1992～1997年，对大理苍山洱海自然保护区山地蚤类进行了垂直分布的调查研究，共采获蚤类5科21属39种（亚种）3 241头。并对以苍山为主体的山地各主要生态环境蚤类的群落结构、物种丰富度、物种多样性、均匀度和生态优势度进行了测定和比较。分析蚤类及其宿主动物的分布特点和自然环境因素后认为，在苍山所获39种蚤类中有16种（占41.03%）属东洋界种类，21种（占53.84%）属古北界种类，2种属广布种（占5.12%）；在中山温凉性针阔叶混交林内海拔约3 100 m处是该山两大动物区系分异的界线。研究认为，我国西南部横断山区两大动物区系界线的划分以海拔高度为宜，其分界线与当地温凉性针阔混交林的分布带一致。

关键词：蚤类；区系；生态；苍山洱海自然保护区
中图分类号：Q969.47 文献标识码：A 文章编号：0254-5853(1999)06-0451-06

人们普遍承认纬度地带性与垂直地带性在自然现象上有许多相似之处，在热带与亚热带地区的高山可在水平距离不到100 km的范围内，从基带向上几千米高度间，呈现着从低纬度到极地几千公里水平距离上所有能看到的自然景观，即垂直地带性与水平地带性在空间统一的形式。在我国横断山区特殊自然地理条件下，这种植被垂直分布的现象比比皆是，因而构成了该地区独特的地理景观和决定该地区动物区系性质的主导因素。

以往，我国两大动物区系的划界是以纬度为依据的。据此模式下，在横断山区区系划分研究中由于各家学者所持研究对象、地理位置、调查高度的起点（基带）和坡向等不同，所获结论观点分歧很大。作者近年通过对横断山南部蚤类及寄主动物的调查研究认为，此地区的划界线应以海拔高度为宜。但此界线的高度应是多少，在不同经纬度、各山系不同坡向的变化规律如何，这是一个值得研究的重要问题。我们对地处横断山东南端的大理苍山洱海自然保护区进行了蚤类及其宿主动物的垂直分布调查，拟以此佐证上述观点。

1 研究地点和方法

大理苍山洱海自然保护区位于滇西横断山区云岭山系的南端，北纬25°26′～26°00′，东经90°57′～100°18′，南北走向，总面积797 km²。其中苍山山体面积494 km²(62%)。由于地势复杂多样(海拔1 336～4 122 m)，相对高差1 600 m以上，具有从亚热带到寒带各种气候和植被类型(图1)。

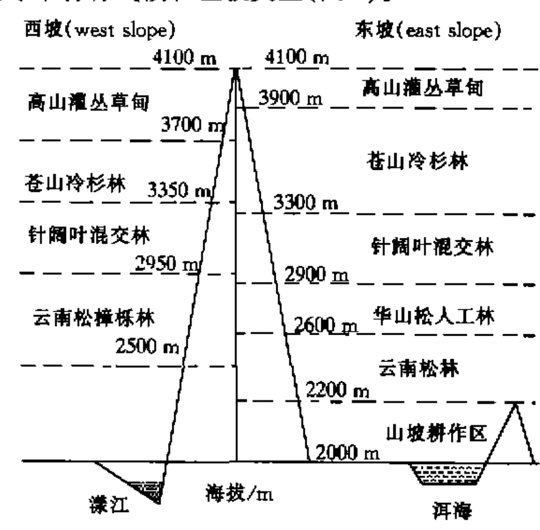


图1 大理苍山洱海自然保护区森林植被垂直分布图
Fig.1 Vertical distribution of vegetations on the Cangshan Mountain

1992年以来，我们在旱季4次对苍山各森林植被带和洱海东岸人工林耕作地进行了蚤类的调

收稿日期：1999-02-15；修改稿收到日期：1999-04-15
基金项目：国家自然科学基金（3960010）；云南省科委匹配基金（97C006D）

查。方法主要采用小兽捕夹（铗日法）捕打地面活动小兽，各样地小兽取样数一般不少于100头，此外辅以枪击捕打树栖动物和收集鸟巢、小动物巢穴分别装袋后采集其蚤类，带回实验室经分类鉴定后记录计数。

所获资料用 Shannon-Winner 指数公式 $H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$ 分别计算各主要生态环境蚤类群落种的多样性指数（式中 H'=多样性指数；P_i=第 i 种的个体比例）。以 Pielou（1949）的公式 $J = H'/\ln S$ 计算各蚤类群落种的均匀度指数（式中 J=均匀度；S=种类数）。以 Simpson（1949）的公式（估计量）$C' = \sum_{i=1}^{s} N_i (N_i/N)^2$ 计算各蚤类群落的生态优势度（式中 C'=生态优势度；N_i=每一种的个体数；N=总个体数）。

2 结果及分析

2.1 苍山洱海自然保护区蚤类的物种数

通过调查，从保护区捕获小兽1 600余只，鼠巢58个和鸟巢5个。共采获蚤3 241头，隶属5科21属39种。名录见表1。

表1 苍山洱海自然保护区主要生态环境蚤类的组成及群落结构

Table 1 Community structure and fleas composition in the main ecological environment

蚤类组成（forms）	数量合计（amount）	蚤类群落结构①（community structure of fleas）							区系成分（fauna）		
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	古北界	东洋界	广布种
方叶栉眼蚤 *Ctenophthamus quadratus*	1435	80.57	65.57	52.44	18.64	11.77				√	
云南栉眼蚤 *C. yunnanus*	500					35.85	48.80	3.90	√		
结实茸足蚤 *Geusbia torosa*	117					1.59	13.94	32.03	√		
卷带倍蚤 *Amphalius spirataenius*	144					1.19	17.86	41.40	√		
似方双蚤 *Amphipsylla quadratoides*	2						0.22	0.78	√		
迪庆额蚤 *Frontopsylla diqingensis*	217			13.41		16.79	10.02	8.59	√		
禽蓬松蚤 *Dasypsyllus gallinulae gallinulae*	20		1.10	6.50		0.13				√	
宽圆角叶蚤 *Ceratophyllus eneifdei tianschani*	2			0.81					√		
禽角叶蚤 *Ceratophyllus gallinae tribulis*	1			0.41							√
粗毛角叶蚤 *Ceratophyllus garei*	5		0.37	2.44		0.53			√		
锐额狭臀蚤 *Stenischia angustifrontis*	151	3.81	0.37			12.69				√	
高山狭臀蚤 *S. montanis*	7				0.85	0.39	0.65		√		
低地狭臀蚤 *S. humilis*	148	11.10	1.83			0.29				√	
圆凹多毛蚤 *Hystrichopsylla rotundisinuata*	14					1.72		0.78	√		
台湾多毛蚤 *H. weida yunnanensis*	7					0.93			√		
多毛蚤（待定种）*Hystrichopsylla* sp.	1					0.13			√		
二毫新蚤 *Neopsylla biseta*	32				2.54	2.65	1.31	2.34	√		
特新蚤 *N. specialis*	106	2.62	1.47	8.54	7.63	3.97	1.96			√	
不同新蚤 *N. dispar*	2				1.69					√	
相关新蚤 *N. affinis*	1				0.85					√	
斯氏新蚤 *N. stevensi*	5		0.37	0.41	2.54					√	
贵真古蚤 *Palaeopsylla kueichenae*	13					0.79	1.53		√		
支英古蚤 *P. chiyingi*	35		0.37	2.44		3.57	0.22			√	
偏远古蚤 *P. remota*	152		26.37	11.36	27.12	2.65				√	
怒山古蚤 *P. nushanensis*	4			0.41		0.39			√		
荫生古蚤 *P. opacusa*	2					0.26			√		
鼹古蚤 *P. talpae*	5					0.39	0.22	0.78	√		
宽指古蚤 *P. laxidigita*	8						1.53	0.78	√		
奇异古蚤 *P. miranda*	2		0.37							√	
后厉蚤 *Xenodaeria telios*	2				1.69					√	
朝鲜叉蚤 *Doratopsylla coreana*	17				1.69	0.93	1.74		√		
无值大锥蚤 *Macrostylophora euteles*	39			0.81	31.36					√	
单毫距蚤 *Spuropsylla monoseta*	3		1.10							√	
缓慢细蚤 *Leptopsylla segnis*	3				2.54						√
近端远棒蚤 *Aviostivalius klossi bispiniformis*	1				0.85					√	
柳氏蚤（待定种）*Liuopsylla* sp.	3		0.37			0.26			√		
细钩盖蚤 *Callopsylla sparsilis*	10							7.81	√		
扇形巨槽蚤 *Megabothris rhipisoides rhipisoides*	1							0.78	√		
绒鼠怪蚤 *Paradoxopsyllus custodis*	24	1.90								√	
各群落种类数及蚤数（the species and individual number of each fleas community）	3241	5 1261	12 273	12 246	13 118	23 756	13 459	11 128	21	16	2

①表中Ⅰ～Ⅶ为群落代号，具体参见表2（Ⅰ－Ⅶ mean codes of fleas communities. See also in Table 2）。

2.2 苍山洱海自然保护区主要生态环境蚤类的群落结构

蚤类在漫长的进化过程中与其宿主动物建立了密切的关系，通常随宿主的分布而分布。而移动性较小的主要宿主动物小型兽类在生态环境中的分布更多地取决于植被类型所提供的食物与栖息场所。由此，蚤类群落仍以植被划分其类型(表1)。各主要植被环境内，具有不同的动物生活条件，寄生蚤类的组成和生态亦不相同。然而每个群落中各有一群基本成分，对该环境有较高的适应性，它们是生存竞争的优胜者，在数量上形成优势或常见。由此，各群落中各个成份按数量对比分别称为优势种、常见种和稀有种。

2.2.1　山坡耕作区(Ⅰ)　此区主要分布在苍山东坡海拔2 000～2 200 m的范围。主要小兽有齐氏姬鼠 *Apodemus cheverieri* 和大绒鼠 *Eothenomys miletus*。该区采获蚤类仅5种，优势种是方叶栉眼蚤 *Ctenophthamus quadratus*(80.57%)，常见种是低地狭臀蚤 *Stenischia humilis*(11.10%)。

2.2.2 云南松林区(Ⅱ) 分布于东坡2 200～2 600 m。此区主要小兽有大绒鼠、四川短尾鼩 *Anowrosorex squamipesi*、白腹鼠 *Niviventer andersoni* 和中华姬鼠 *Apodemus draca*。此林带区采获蚤类12种，优势种是方叶栉眼蚤(65.57%)和偏远古蚤 *Palaeopsylla remota*(26.37%)。在此林区由于上述2种蚤类数量上占绝对优势，以致其他种数量相对较少。

2.2.3　华山松人工林区(Ⅲ)　分布于东坡2 600～2 900 m。此区主要小兽有大绒鼠、大耳姬鼠 *A. latronum* 和中华姬鼠。共采获蚤类12种，优势种是方叶栉眼蚤(52.44%)，常见种有迪庆额蚤 *Frontopsylla diqingensis*(13.41%)、偏远古蚤(11.36%)和特新蚤 *Neopsylla specialis*(8.54%)。

2.2.4　云南松樺栎林区(Ⅳ)　分布于西坡1 600～2 950 m。此区小兽主要有中华姬鼠和大绒鼠。共采获蚤类13种，优势种有无值大锥蚤 *Macrostylophora euteles*(31.36%)、偏远古蚤(27.12%)和方叶栉眼蚤(18.64%)；其他种相对较少。

2.2.5　针阔叶混交林区（Ⅴ）　分布于东坡2 900～3 300 m，西坡2 950～3 350 m。此区小兽主要有西南绒鼠 *Eothenomys custos*、大绒鼠和大耳姬鼠。这里蚤类最多，共采获23种。优势种是云南栉眼蚤 *Ctenophthamus yunnaus*(38.85%)，常见种有迪庆额蚤(16.79%)、锐额狭臀蚤 *Stenischia angustifrontis*(12.69%)和方叶栉眼蚤(11.77%)。古北区代表种动物藏鼠兔 *Ochotona thibetana*(3.67%)及其寄生蚤类结实茸足蚤 *Geusibia torosa*(1.59%)和卷带倍蚤 *Amphalius spirataenius*(1.19%)已经出现，但数量较少。而东洋区代表种偏远古蚤(2.65%)接近消失。

2.2.6　苍山冷杉林区（Ⅵ）　分布于东坡3 300～3 900 m，西坡3 350～3 700 m。此区小兽主要有西南绒鼠、藏鼠兔和大耳姬鼠。共采获蚤类13种，优势种是云南栉眼蚤（48.80%），常见种有卷带倍蚤（17.02%）、结实茸足蚤（13.94%）和迪庆额蚤（10.02%）。

2.2.7　高山灌丛草甸区（Ⅶ）　分布于东坡3 900～4 100 m，西坡3 700～4 100 m。此区小兽主要有藏鼠兔和松田鼠 *Pitymys irene*。共采获蚤类11种，优势种是卷带倍蚤（41.40%）和结实茸足蚤（32.03%），迪庆额蚤（8.59%）和细钩盖蚤 *Callopsylla sparsilis*（7.81%）较常见。

2.3 苍山洱海自然保护区蚤类群落物种多样性、均匀度和生态优势度分析

植被是小兽及寄生蚤类直接或间接的生活基础，而植被和宿主又是决定蚤类群落物种丰富度、多样性和生态优势度等群落结构特征的主导因素。从表2中可以看出，在苍山植被异质性较大的针阔混交林和云南松樺栎林内蚤类群落的物种多样性指数(分别为2.0966和1.8351)和均匀度指数(分别为0.6687和0.7155)最高，而生态优势度指数(分别为0.1920和0.2154)最低；其次是华山松人工林、苍山冷杉林和高山灌丛草甸；而海拔较低、人畜活动频繁的云南松林和同域分布的山地耕作区蚤类群落的物种多样性指数(分别为1.002和0.7133)、均匀度指数(分别为0.4032和0.4432)最低，生态优势度指数(分别为0.5003和0.6639)最高。

群落多样性是其稳定性的重要尺度，结构复杂、多样性指数大的群落其稳定性相应较高。上述结果表明苍山蚤类群落稳定性依次为针阔混交林＞云南松樺栎林＞华山松人工林＞苍山冷杉林＞高山灌丛草甸＞云南松林＞山坡耕作地，而生态优势度的结果和意义则正相反。

2.4 苍山洱海自然保护区蚤类的垂直分布与区系特征

2.4.1　在苍山蚤类垂直分布调查中共获蚤类39

表2 苍山洱海自然保护区蚤类群落物种多样性、均匀度和生态优势度指数

Table 2 The species diversity, evenness and ecological dominance indices of fleas in the main ecological environment

编号 (code)	群落名称 (fleas community)	物种数 (S) (species number)	个体总数 (N) (individual unmber)	物种多样性 (H') (species diversity index)	均匀度 (J) (evenness index)	生态优势度 (C') (predominant index)
Ⅰ	山坡耕作地 (cultivated area)	5	1261	0.7133	0.4432	0.6639
Ⅱ	云南松林 (warm coniferous forest)	12	273	1.002	0.4032	0.5003
Ⅲ	华山松人工林 (cool-temperate coniferous forest)	12	246	1.5697	0.6317	0.3188
Ⅳ	云南松樟栎林 (warm coniferous and broadleaf mixed forest)	13	118	1.8351	0.7155	0.2154
Ⅴ	针阔叶混交林 (cool-temperate coniferous and broadleaf mixed forest)	23	756	2.0966	0.6687	0.1920
Ⅵ	苍山冷杉林 (fir forest)	13	459	1.5684	0.6115	0.3009
Ⅶ	高山灌丛草甸 (alpine bush and grasslands)	11	128	1.5288	0.6375	0.2899

种，其中东坡发现35种（占总数的89.74%），西坡有25种（占总数的64.10%），东坡种类明显多于西坡。此结果与我们在高黎贡山的研究（龚正达等，1996）基本相似，但两山系在类似植被条件下比较，苍山蚤类的物种丰富度、多样性和均匀度等均低于高黎贡山。其原因可能是，大理苍山在森林植被的完整性和水湿条件等与高黎贡山比较相对较差所致。

2.4.2 从苍山蚤类分布的情况看出，低山地带(东坡2 900 m以下，西坡2 950 m以下)蚤类的优势种主要由喜热成分如方叶栉眼蚤、偏远古蚤和无值大锥蚤组成，而后两者为典型的东洋区代表种，其他种类相对较少或很少。中山地带(东坡2 900～3 300 m，西坡2 950～3 350 m的针阔叶混交林带)为两大动植物区系过渡和交错地带，蚤类组成的特点是两区系成分混杂，由于边缘效应特有种较为丰富。东洋区代表种如偏远古蚤的分布上限和古北区代表种如结实茸足蚤和卷带倍蚤的分布下限均抵于此。高山地带(东坡3 300 m以上，西坡3 350 m以上地区)随着海拔递增，喜凉的古北区成分如云南栉眼蚤(占48.80%)、结实茸足蚤(13.94%)和卷带倍蚤(17.86%)；至高山顶(东坡3 900～4 100 m，西坡3 700～4 100 m)，结实茸足蚤(32.03%)和卷带倍蚤(41.40%)占主导地位。

2.4.3 综上所述，参考当地宿主动物及植被等背景资料(段城忠，1995)，并结合蚤类分布特点，我们认为苍山中山地带东坡2 900～3 300 m和西坡2 950～3 350 m的针阔叶混交林是该山系两大动物区系的过渡地带，在此林带内海拔约3 100 m，即古北界代表蚤种结实茸足蚤和卷带倍蚤的分布下限(与其宿主古北界动物代表种藏鼠兔和植物代表种苍山冷杉林的分布下限相当)是两大蚤类区系分异的界限。据此划分，苍山洱海自然保护区蚤类主要在此线以上分布的种类为古北界成分，有21种，占53.84%；主要在此线以下分布的为东洋界成分，有16种，占41.03%(当地数量较少的部分狭布或特有种如荫生古蚤 *Palaeopsylla opacusa*、鼹古蚤 *Palaeopsylla talpae* 和柳氏蚤待定种 *Liuopsylla* sp. 的区系性质的划分主要参考宿主动物的分布情况)；广布种2种，占5.12%。

3 讨论

以往古北界和东洋界两大动物地理区系在我国的划界基本是以纬度为依据。由于横断山区是我国的一个独特自然地理区域，各主要山体基本是南北走向并具特殊地貌特征，致使古北和东洋两个动物界成分呈垂直分布，故两界在该地区的分界线不易确定（张荣祖等，1978；张荣祖，1979）。近年来不少学者的看法也不尽一致（王书永，1990；郭天宇等，1994，1997；柳支英等，1979；柳支英，1986），但较为统一的认识是横断山高大山体的上部被古北界成分占据，下部低地河谷为东洋界成分所有，中山地区两界成分混杂为一过渡地带，这与我们过去部分地区调查的结果是相符合的（杨光荣等，1990；龚正达等，1989，1996）。因此，我们认为两大区系在横断山区界线的划分应以海拔高度为宜。根据本次蚤类的调查结果和近年对云南横断山区蚤类及其宿主动物的研究（龚正达等，1989，1996和1997），并参考秦岭南坡（张金桐等，1989）、川西南地区和喜马拉雅山南坡（郭天宇等，1994和1997）的研究，得出较为统一的认识是均以当地山地温凉性针阔叶混交林为两大动物区系的分界线。据此，我们认为，我国西南部山地两大动物区系的分界线（依海拔划分）与植被相对应，具

体位置、高度与走向的规律与当地温凉性针阔叶混交林（即铁杉针阔叶混交林）带的分布线一致。

铁杉针阔叶混交林是以铁杉（云南铁杉、铁杉）为主，与其他针、阔叶树种混交组成的较为稳定的温性阴湿性森林。主要分布在我国西南山地亚高山和中山的林区，为山地暖性阔叶林和针叶林向山地寒温性针叶林过渡的森林类型（吴征镒，1980）。由于该植被群落的生境较特殊，生境温和而潮湿，群落中两区系成分混杂，小型兽类及其寄生蚤种类非常丰富。据以往的调查统计，目前云南省已知140余种蚤类中有120种（占全省的85%）在横断山区中部地区分布，而其中约70%都能在该林带内采集到。它们之中大部分又为当地的特有种，其中尤以古蚤属、狭臀蚤属和栉眼蚤属等属的蚤类为丰富。由此推测此林带可能是上列各属的分布中心。

致　谢　山地调查工作中得到大理州环保局支持和帮助；解来、白鹤鸣、吴鹤松、熊孟韬等同志参加部分调查工作，谨此致谢。

参 考 文 献

王书永，1990. 横断山区昆虫区系初探[J]. 昆虫学报，33(1)：94～101.［Wang S Y，1990. Primary discussion on the fauna of Hengduan Mountains，China. *Acta Entomologica Sinica*，33(1)：94－101.］

吴征镒主编，1980. 中国植被[M]. 北京：科学出版社. 219～230，731～738，772～799.（Wu Z Y，1980. Vegetation of China. Beijing：Science Press. 219－230，731－738，772－779.）

杨光荣，陶开会，1990. 云南老君山蚤类的垂直分布[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，1(3)：142～145.［Yang G R，Tao K H，1990. The vertical distribution of fleas of Laojun Mountain，Yunnan. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*，1(3)：142－145.］

张荣祖，赵肯堂，1978. 关于《中国动物地理区划》的修改[J]. 动物学报，24(2)：196～202.［Zhang R Z，Zhao K T，1978. On the zoogeographical regions of China. *Acta Zoologica Sinica*，24(2)：196－202.］

张荣祖，1979. 中国自然地理——动物地理[M]. 北京：科学出版社. 1～121.［Zhang R Z，1979. Physiography of China (Zoogeography). Beijing：Science Press. 1－121.］

张金桐，柳支英，吴厚永，1989. 中国蚤类区系中古北界和东洋界中段划界的进一步研究[J]. 动物分类学报，14(4)：486～495.［Zhang J T，Liu Z Y，Wu H Y，1989. Studies of the boundary line between palaearctic and oriental regions in central China in relation to the zoogeography of Siphonaptera. *Acta Zootaxonomica Sinica*，14(4)：486－495.］

段诚忠主编，1995. 苍山植物科学考察[M]. 昆明：云南科技出版社. 14～50，68～116.（Duan C Z，1995. Scientific investigation of the plant on Cangshan Mountain. Kunming：Yunnan Science and Technology Press. 14－50，68－116.）

柳支英，吴厚永，1979. 关于我国蚤类区系分布和系统发育的探讨[J]. 动物分类学报，4(2)：99～112.［Liu Z Y，Wu H Y，1979. A preliminary discussion on the faunal distribution and phylogeny of the fleas of China. *Acta Zootaxonomica Sinica*，4(2)：99－112.］

柳支英主编，1986. 中国动物志(昆虫纲：蚤目)[M]. 北京：科学出版社. 71～1226.［Liu Z Y，1986. Fauna sinica (Insecta：Siphonaptera). Beijing：Science Press. 71－1226.］

郭天宇，吴厚永，柳支英，1994. 川西南蚤类区系研究[A]. 吴厚永主编. 蚤类研究[M]. 北京：中国科学技术出版社. 1～11.［Guo T Y，Wu H Y，Liu Z Y，1994. On the flea fauna of Southwestern sichuan Province. Wu H Y (ed). Researches on Fleas. Beijing：China Science et Technology Press. 1－11.］

郭天宇，吴厚永，许荣满等，1997. 喜马拉雅山南坡部分地区蚤类区系研究[J]. 寄生虫与医学昆虫学报，4(1)：45～51.［Guo T Y，Wu H Y，Xu R M *et al*，1997. On the flea fauna of Himalaya Mountains southern slope. *Acta Parasitol. Med. Entomol. Sin.*，4(1)：45－51.］

龚正达，解宝琦，1989. 高黎贡山小型兽类调查[J]. 动物学杂志，24(1)：28～32.［Gong Z D，Xie B Q，1989. The survey on small mammals in the Gaoligong Mountain. *Chinese Journal of Zoology*，24(1)：28－32.］

龚正达，解宝琦，林家冰，1996. 高黎贡山蚤类的生态区系[J]. 动物学研究，17(1)：59～67.［Gong Z D，Xie B Q，Ling J B，1996. Ecological and fauna of fleas on Mt. Gaoligong of Yunnan. *Zoological Research*，17(1)：59－67.］

龚正达，段兴德，冯锡光等，1997. 苍山洱海自然保护区的小型兽类[J]. 动物学研究，18(2)：197～204.［Gong Z D，Duan X D，Feng X G *et al*，1997. Small mammals in the Cangshan and Erhai Natural Reserve. *Zoological Research*，18(2)：197－204.］

THE FAUNA AND ECOLOGY OF FLEAS IN CANGSHAN MOUNTAIN AND ERHAI LAKE NATURE RESERVE, DALI

GONG Zheng-da　DUAN Xing-de　FENG Xi-guang

(*Institute of Epidemiology of Yunnan Province, Dali* 671000, *China*)

WU Hou-yong　LIU Quan

(*Institute of Microbiology and Epidemiology, Academy of Military Medical Sciences, Beijing* 100071, *China*)

Abstract: An investigation on the fauna and ecology of fleas in the Cangshan Mountain and Erhai Lake Na-

ture Reserve of Dali was carried out from 1992 to 1997. A total of 3241 individuals belonging to 39 species, 21 genera and 5 families was collected. The species diversity, evenness and ecological dominance indices of fleas communities in 7 main ecological environments were measured and compared. According to the investigation, the stability of flea communities is the highest in the coniferous and broadleaf mixed forest and the lowest in cultivated area. The vertical distribution of 39 species of fleas was investigated on both eastern and westsern slope of Cangshan Mountain. 21 species (53.84%) belong to Palaearctic realm, 16 species (41.03%) belong to Oriental realm, and 2 species (6.06%) are wide spread species. The elevation of 3100 m (in Cooltemperate coniferous and broadleaf mixed forest) was the dividing line between the two realms in Cangshan Mountain. The authors cosider that delimiting the boundary line between Palaearctic and Oriental Regions in Hengduan Mountains of Southwestern China should base on the altitude, and the boundary line corresponds to the distributional band of the Cooltemperate coniferous and broadleaf mixed forest in this area.

Key words: Fleas; Fauna and ecology; Cangshan Mountain and Erhai Lake Nature Reserve

(上接第450页)

2 结果与讨论

在琼脂双扩实验1中，仅牛血浆出现沉淀线。琼脂双扩实验2中，仅牛血浆未出现沉淀线。在CLAGIA检测中，实验组和对照组的兔血浆样品均为阴性。

CLAGIA是从一般免疫斑点法发展而来的，其灵敏度为1.0×10^{-5} mg/mL，比DAB显色高10倍，比OPD高100倍（刘冀珑等，1998）。应用CLAGIA检测牛初乳饲喂后的仔兔血浆出现阴性结果，表明仔兔在出生第2天饲喂牛初乳后6 h血浆中的牛IgG浓度小于1.0×10^{-5} mg/mL。琼脂双扩实验结果与此一致。有两种可能：①仔兔根本不吸收牛IgG；②仔兔能吸收牛IgG，但量甚微，用琼脂双扩和CLAGIA检测无结果。本实验可以说明一点：牛初乳并不能给任何动物幼仔提供足够的免疫源。从这个角度讲，牛初乳不是任何动物的母乳完全替代品。更准确的结论有待进一步研究。

参考文献

刘冀珑，乔惠理，邓泽沛，1998. 测定牛IgG的化学发光自显影法(CLAGIA)的建立[J]. 中国免疫学杂志，14:187. [Liu J L, Qiao H L, Deng Z P, 1998. Chemiluminesent autographic immunoassay for measuring bovine immunoglobulin G. *Chinese J. Immunology*, 14:187.]

Holmes M A, Lunn D P, 1991. A study of bovine and equine immunoglobin levels in pony foal fed bovine colostrum[J]. *Equine Vet. J.*, **23**(2):116.

Klobasa F, Butler J E, Habe F, 1990. Maternal-neonatal immunoregulation: suppression of de novo synthesis of IgG and IgA, but not IgM, in neonatal pigs by bovine colostrum, is lost upon storage[J]. *Am. J. Vet. Res.*, **51**(9):1407.

Orlando S, 1995. The immunologic significance of breast milk[J]. *J. Obstet. Gynecol. Neonatal. Nurs.*, **24**(7):678.

刘冀珑① 邓泽沛 乔惠理

LIU Ji-long DENG Ze-pei QIAO Hui-li

（中国农业大学生物学院 北京 100094 liujl@panda.ioz.ac.cn）

(*College of Biology*, *China Agricultural University*, *Beijing*, 100094, *China*)

①现通讯地址：中国科学院动物研究所生殖生物学国家重点实验室，北京 100080

(Present address: State Key Laboratory of Reproductive Biology, Institute of Zoology, The Chinese Academy of Science, Beijing 100080)